


## Device for remotely measuring the position of an object

**Patent number:** FR2676275  
**Publication date:** 1992-11-13  
**Inventor:** HERVE LEFEVRE; DENIS TROUCHET  
**Applicant:** PHOTONETICS (FR)  
**Classification:**  
- international: G01B9/02; G01B11/14; G01D5/26  
- european: G01D5/26D; G01D5/26F  
**Application number:** FR19910005600 19910507  
**Priority number(s):** FR19910005600 19910507

Also published as:

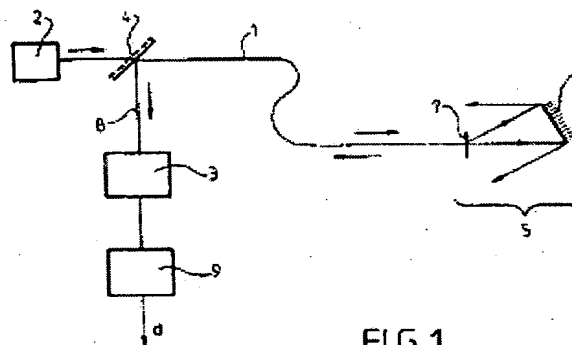
 EP0512919 (A)  
JP5126523 (A)

[Report a data error](#)

Abstract not available for FR2676275

Abstract of corresponding document: **EP0512919**

The invention relates to the remote measurement of the position of an object, by an optical method. A wide-spectrum light source (2) is coupled to an optical fibre (1) whose end (7) is in the vicinity of the object (6). Interferences are formed between the beam reflected by the object (6) and the one reflected by the boundary between the two media at the end (7) of the fibre (1). Means for reading the interference condition (3), which means are associated with a computation unit (9), allow the value of the distance from the end (7) of the fibre (1) to the object (6) to be obtained.



**FIG.1**

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 676 275**

②1 N° d'enregistrement national : **91 05600**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : G 01 B 9/02, 11/14; G 01 D 5/26

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 07.05.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 13.11.92 Bulletin 92/46.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : **PHOTONETICS — FR.**

⑦2 Inventeur(s) : Lefevre Hervé et Trouché Denis.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Harlé et Phéllip.

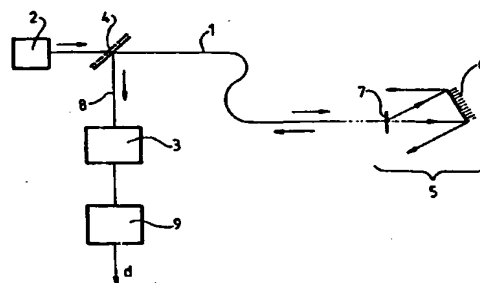
⑤4 Dispositif de mesure à distance de la position d'un objet.

⑤7 L'invention concerne la mesure à distance de la position d'un objet, par un procédé optique.

Une source lumineuse à spectre large (2) est couplée à une fibre optique 1 dont l'extrémité (7) est au voisinage de l'objet (6).

Des interférences sont formées entre le faisceau réfléchi par l'objet (6) et celui réfléchi par le dioptre à l'extrémité (7) de la fibre (1).

Des moyens de lecture de l'état d'interférence (3), associés à une unité de calcul (9) permettent d'obtenir la valeur de la distance de l'extrémité (7) de la fibre (1) à l'objet (6).



**FR 2 676 275 - A1**



## DISPOSITIF DE MESURE A DISTANCE DE LA POSITION D'UN OBJET

L'invention concerne un appareil de mesure à distance de la position d'un objet.

5

Il est connu que des méthodes de mesure interférométrique permettent de connaître, à distance, la position d'un objet.

10

Selon certaines de ces méthodes de mesure un faisceau lumineux est divisé, l'un des faisceaux obtenu est réfléchi par l'objet alors que l'autre est réfléchi par une surface située à une position de référence. Les deux faisceaux réfléchis sont recombinaés et produisent des interférences qui sont fonction du déphasage introduit entre les deux faisceaux réfléchis ce qui permet la mesure de la distance de l'objet.

15

On connaît par ailleurs des procédés de mesure interférométrique en lumière blanche fondés sur le principe du codage d'un faisceau lumineux par le paramètre à mesurer par modulation de son spectre. Le décodage du spectre permet d'accéder à la valeur du paramètre mesuré.

20

25

On a également décrit un dispositif de mesure de déplacement qui comporte à une extrémité d'une fibre optique un objectif de collimation qui génère un faisceau quasiment parallèle et un élément fixe semi-réfléchissant de référence. Cet ensemble est placé devant l'élément mobile dont le déplacement doit être mesuré par rapport à l'élément de référence.

30

L'élément semi-réfléchissant, en combinaison avec la surface réfléchissante de l'objet forme un

interféromètre. Un flux lumineux couplé dans la fibre produit un flux en retour codé par l'effet de l'interféromètre.

5           Le décodage, par mesure du pas des cannelures du spectre de la lumière codée permet d'accéder à la distance qui existe entre l'élément fixe semi-réfléchissant et l'objet lui-même. Un tel montage nécessite que la surface de l'objet soit perpendiculaire au faisceau collimaté de  
10           sortie.

          Le but de la présente invention est de proposer un dispositif de mesure à distance de la position d'un objet qui soit simultanément simple, compact et omnidirectionnel.

15           L'invention concerne un dispositif de mesure à distance de la position d'un objet comprenant une source lumineuse à spectre large, des moyens de production d'interférence en fonction de la position de l'objet produisant un codage du flux lumineux, des moyens de  
20           lecture de l'état d'interférence du flux produit par les moyens d'interférence, une fibre optique reliant les moyens de production des interférences à la source et aux dits moyens de lecture.

25           Selon l'invention la fibre optique est monomode et les moyens de production des interférences sont constitués par le dioptré d'extrémité de la fibre monomode faisant face à l'objet et par une surface de l'objet lui-même.  
30           Aucun système optique n'est nécessaire entre le dioptré d'extrémité de la fibre et la surface de l'objet.

          Selon un mode de réalisation préféré les moyens de lecture de l'état d'interférence du flux lumineux

comportent un coin optique étalant le flux lumineux codé,  
une barrette de photodiodes recevant le flux lumineux codé  
étalé et une unité de calcul réalisant l'extraction de la  
position de l'objet à partir d'une analyse du flux reçu par  
5 la barrette de photodiodes.

L'invention sera décrite plus en détail en  
référence aux dessins dans lesquels :

10 - La figure 1 est une représentation schématique  
générale du dispositif de l'invention.

- La figure 2 est une vue schématique agrandie de  
l'extrémité de la fibre.

15

- La figure 3 est une vue agrandie de l'extrémité  
de la fibre dans un deuxième mode de réalisation.

20 - La figure 4 est une représentation d'extrémité de  
la fibre dans un troisième mode de réalisation.

- La figure 5 est une représentation schématique  
des moyens de lecture de l'état d'interférence du flux  
lumineux produit par les moyens d'interférence.

25

Le dispositif de l'invention comporte une fibre  
optique monomode 1 à laquelle sont couplés d'une part la  
source 2, d'autre part les moyens de lecture de l'état  
d'interférence du flux en retour 3. La source 2 et les  
30 moyens de lecture 3 sont couplés par des moyens connus en  
eux-mêmes à la fibre 1, ces moyens de couplage sont  
symboliquement représentés par une lame semi-transparente 4  
indiquant que le flux émis par la source 2 est injecté dans  
la fibre 1 et que le flux en retour transmis par la fibre 1

De manière en soi connue le coin optique 51 peut être un coin d'air ou un coin de verre.

Le système interférométrique 5 est maintenant décrit en référence aux figures 2, 3 et 4. Le flux lumineux 20 transmis par la fibre monomode 1 est partiellement réfléchi par l'interface fibre-air 21 à l'extrémité 7 de la fibre 1 et donne naissance à une onde guidée monomode 22. En l'absence de traitement spécifique le flux réfléchi porté par l'onde guidée monomode 22 est de l'ordre de 4 % du flux incident. Le flux restant émerge de la fibre 1 et donne naissance à une onde divergente sphérique 23 qui est réfléchie ou diffusée par l'objet 6 donnant naissance à un flux 24, une partie de ce flux sous la forme d'une onde guidée monomode 25 est à son tour recouplée dans la fibre monomode 1 et interfère avec l'onde 22 réfléchie comme nous l'avons vu plus haut par l'interface 21 à l'extrémité 7 de la fibre 1. La fibre 1 étant monomode spatialement, la cohérence spatiale est automatiquement assurée pour les interférences entre l'onde 22 et l'onde 25 bien qu'il n'y ait aucune optique de collimation.

Ainsi le flux lumineux transmis en retour par la fibre 1 et adressé aux moyens de lecture 3 est le résultat des interférences de l'onde 22 et de l'onde 25. Un contraste maximum de ces interférences est obtenu lorsque les flux respectifs des faisceaux 22 et 25 sont du même ordre de grandeur c'est-à-dire lorsque le flux couplé en retour à la fibre 1, après réflexion sur l'objet 6 est de l'ordre de 4 % du flux initial.

L'état d'interférence produit dépend du déphasage entre les ondes 22 et 25 et donc de la distance de l'extrémité 21 de la fibre 1 à l'objet 6. Cette distance

est déterminée par le rayon de la sphère centrée sur l'extrémité 21 et tangente à l'objet 6. Un tel système de mesure a donc un caractère omnidirectionnel dans la limite du cône de divergence de l'onde émergeant de la fibre.

5

Le dispositif de mesure à distance de la position d'un objet selon l'invention fonctionne donc de manière omnidirectionnelle analogue à un palpeur mécanique qui permet de mesurer la position d'un objet par rapport à une tête de mesure terminée par une sphère solide. Le front de phase sphérique de l'onde divergente a une fonctionnalité équivalente à la sphère solide d'un palpeur mécanique, mais la mesure se fait ici sans contact.

15

Selon le type de mesure que l'on cherche à réaliser il peut être opportun que l'ouverture du faisceau émergent par le dioptre 21 de la fibre 1 soit plus ou moins ouvert.

20

Dans des conditions traditionnelles, lors de la mise en oeuvre d'une fibre 1 monomode l'angle d'ouverture du faisceau émergent est compris entre  $15^\circ$  à  $30^\circ$ . S'il est souhaité augmenter cette ouverture, différentes possibilités peuvent être envisagées. Telle que représentée sur la figure 3 l'extrémité 7 de la fibre 1 peut porter un trou de filtrage 30 dont le diamètre est inférieur à celui du cœur 31 de la fibre 1. Il est ainsi possible d'obtenir un angle d'ouverture supérieur ou égal à  $100^\circ$  car le trou fait diffracter l'onde transmise.

25

30

Selon un autre mode de réalisation représenté à la figure 4 l'extrémité 7 de la fibre porte une micro-lentille 40. Cette micro-lentille peut être directement formée à l'extrémité de la fibre ou rapportée sur celle-ci par collage.

Les résultats de mesure satisfaisants sont ainsi obtenus avec une source 2 à spectre large c'est-à-dire une source blanche et en mettant en oeuvre une fibre 1 monomode.

Les mesures produites par le dispositif de l'invention sont de haute précision et permettent des mesures tridimensionnelles y-compris la position d'objets difficiles d'accès. En effet, la tête émettrice est très compacte car uniquement composée d'une extrémité de fibre optique monomode. Un tel système permet des mesures à partir d'une distance de quelques dizaines de micromètres à plusieurs millimètres.

Les moyens de lecture de l'état des interférences 3, peuvent être communs à un grand nombre de capteurs reliés par multiplexage à une même fibre. Il est possible de réaliser un réseau de capteurs permettant la mesure de paramètres de différentes natures dont l'un au moins sera la position d'un objet conformément à la présente invention.

Un dispositif réalisé selon l'invention à une portée allant de quelques dizaines de micromètres à plusieurs millimètres.

Les valeurs numériques suivantes sont fournies à titre d'exemple.

Une puissance lumineuse couplée en entrée dans la fibre 1 de 100  $\mu\text{W}$  produit une puissance réfléchie à l'interface de sortie de 4  $\mu\text{W}$  à cause des 4 % de réflexion de Fresnel. Les 96  $\mu\text{W}$  restant divergent en une onde



sphérique de  $1/4$  de radian d'angle. En supposant que la surface à mesurer est à une distance de 1 mm, l'onde réfléchie a un diamètre de 0,5 mm en revenant sur la fibre ( $2 \times 1 \text{ mm} \times 1/4$  radian de divergence). Le mode de la fibre étant typiquement de 5  $\mu\text{m}$  de diamètre, il va se recoupler  $4 \cdot 10^{-4}$  de ces 96  $\mu\text{W}$  soit seulement 40 nW. Les interférences sont produites entre une onde de référence de puissance  $P = 4 \mu\text{W}$  et une onde recouplée 100 fois plus faible en puissance ( $p = 40 \text{ nW}$ ).

10

Cependant le contraste des interférences dépend du rapport en amplitude entre les deux ondes et non pas du rapport en puissance :

15

$$P_{\text{interf.}} = P + p + 2 \sqrt{Pp} \cos \Delta\phi$$

$$P_{\text{interf.}} = P [1 + 2 \sqrt{p/P} \cos \Delta\phi]$$

20

Le rapport des puissances est donc de 1 % mais celui des amplitudes est de 10 %. Le contraste des interférences est donc de  $\pm 20$  % ce qui permet la lecture de l'état d'interférence dans de bonnes conditions.

25

La puissance recouplée en fonction de la distance  $d$  varie en  $1/d^2$  mais le contraste lui ne décroît donc qu'en  $1/d$ . Même à 5 mm le contraste sera toujours de 4 %.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure à distance de la position d'un objet (6) comprenant

5

- une source lumineuse à spectre large (2),

- des moyens de production d'interférences en fonction de la position de l'objet (6), produisant un codage du flux lumineux,

10

- des moyens de lecture de l'état d'interférence (3)

15

- une fibre optique (1) reliant les moyens de production des interférences à la source (2) et audit moyen de lecture (3)

20

caractérisé en ce que la fibre optique (1) est monomode et que les moyens de production des interférences (3) sont constitués par le dioptre d'extrémité (21) de la fibre optique (1) monomode faisant face à l'objet et une surface de l'objet (6).

25

2. Dispositif de mesure à distance selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une micro lentille (40) placée à l'extrémité (7) de la fibre optique (1) faisant face à l'objet (6) augmentant la divergence du faisceau sphérique de sortie.

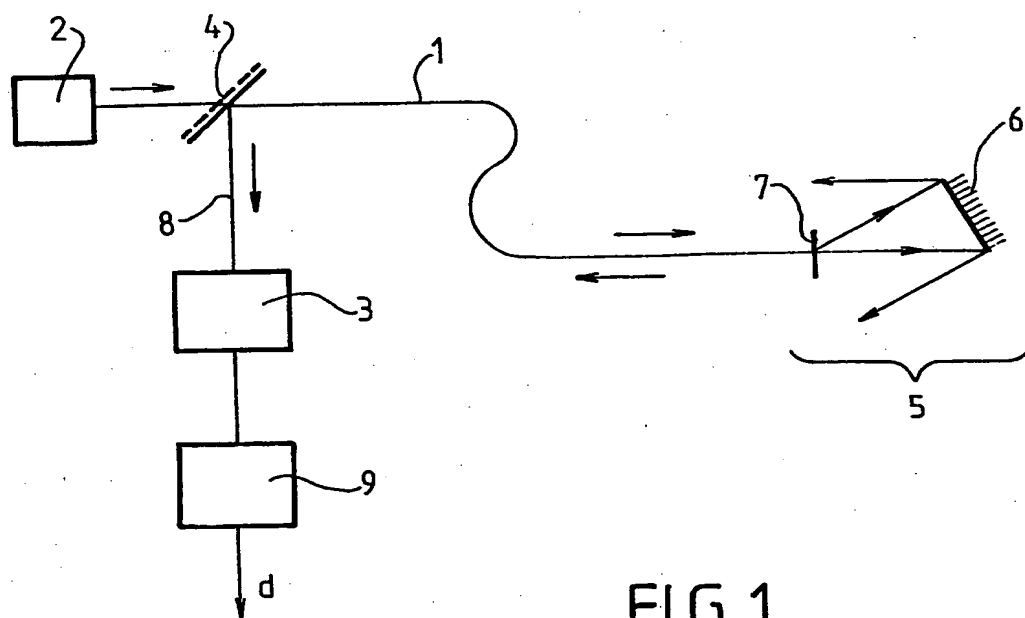
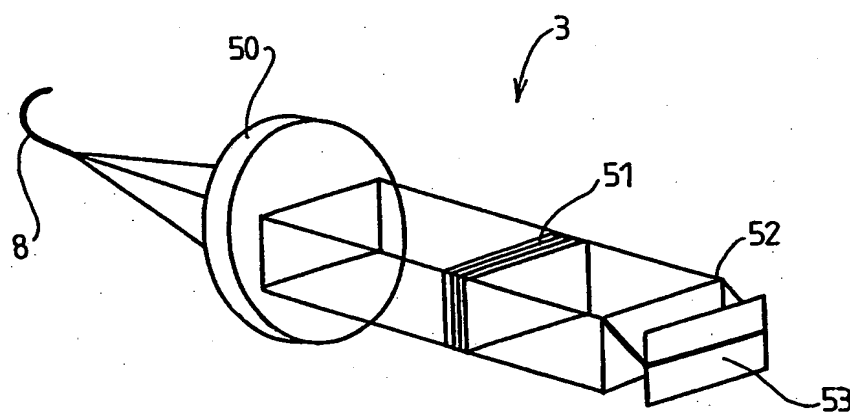
30

3. Dispositif de mesure à distance selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un trou de filtrage (30) placé à l'extrémité (7) de la fibre

optique (1) faisant face à l'objet (6) augmentant la divergence de l'onde sphérique de sortie.

4. Dispositif de mesure à distance selon l'une  
5 quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que  
les moyens (3) de lecture de l'état d'interférence codé  
spectralement comporte un coin optique (51) restituant un  
interférogramme, une barrette de photodiodes (53) recevant  
l'interférogramme décodé, une unité de calcul (9) réalisant  
10 l'extraction de la position de l'objet (6) à partir d'une  
analyse de l'interférogramme reçu par la barrette de  
photodiodes (53).

1/2

FIG. 1FIG. 5

2676275

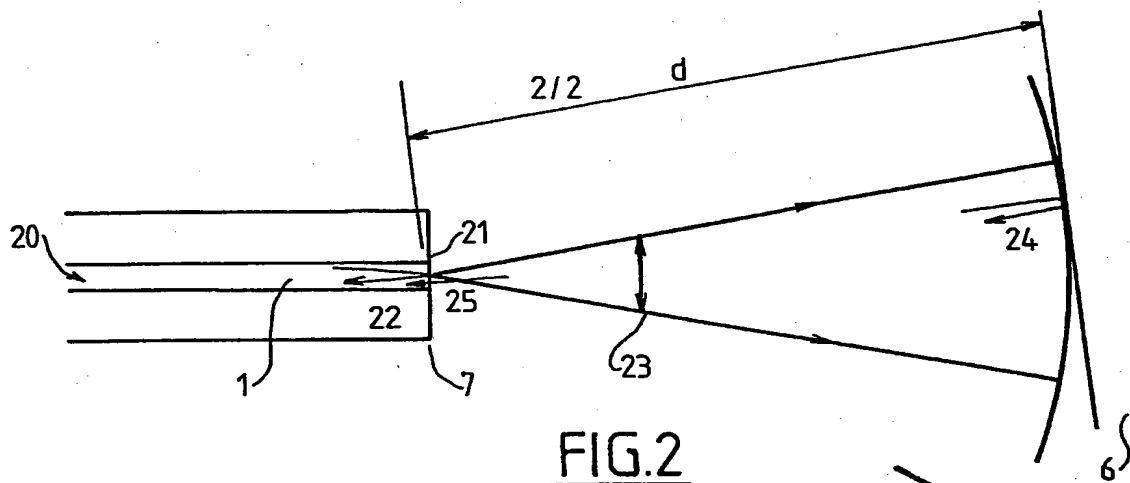


FIG. 2

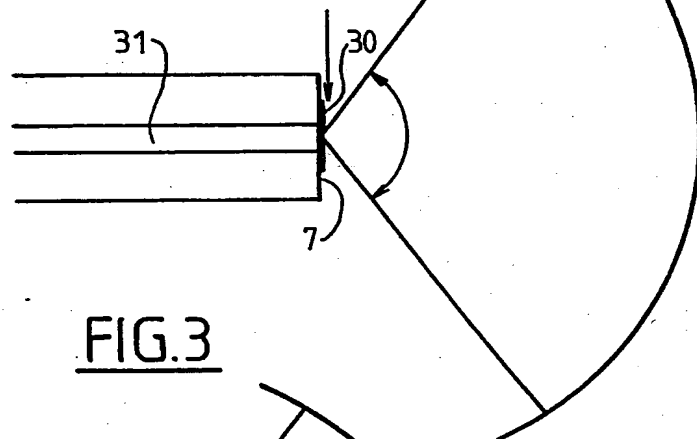


FIG. 3

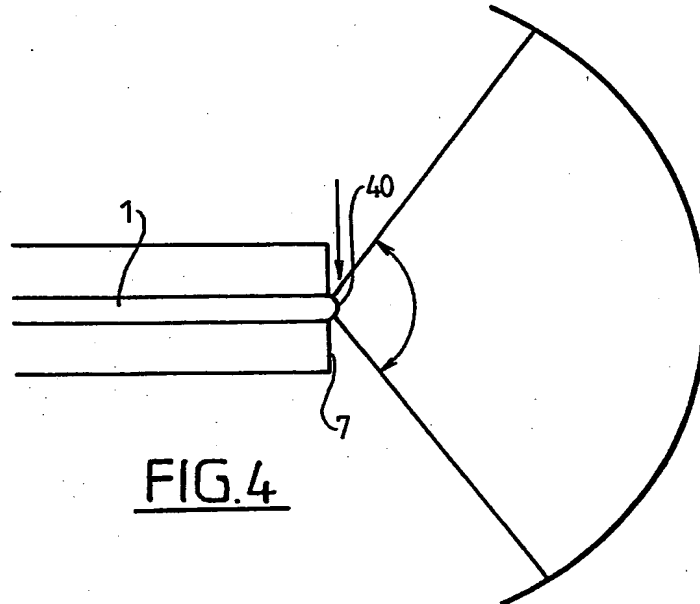


FIG. 4

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2676275

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9105600  
FA 457304

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS  |  | Revendications<br>concernées<br>de la demande<br>examinée |
|--|--|---|
| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes   |   |
| X  | FR-A-2 613 065 (ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NATIONAL)<br>* page 6, ligne 24 - page 8, ligne 26; figures 1,2 *  | 1   |
| X  | WO-A-9 008 962 (KENT SCIENTIFIC & INDUSTRIAL PROJECTS LIMITED)<br>* page 5, ligne 19 - page 8, ligne 22; figures 1,2 *   | 1   |
| Y  | LEOS '88 Lasers and Electro-Optics Society Annual Meeting Conference Proceedings; 2-4 Novembre 1988; Santa Clara, California; Jackson: Intensity or Interferometric Sensors: Which Makes Sense? ; pp274-278<br>* page 275; figure DISPLACEMENT * | 2   |
| Y  |  | 2   |
|  |  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)                 |
|  |  | G01D<br>G01B  |
| Date d'achèvement de la recherche<br>04 FEVRIER 1992   |  | Examinateur<br>BATTESON A.                                |
| <p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |  |   |